

ファイバの断面形状はわずかに歪んだ円状や、楕円状であることがほとんどであった。しかし、このように光ファイバの断面が真円状でない場合、光ファイバを伝搬する2偏波の位相速度が異なり、PMDを増加させてしまうという問題があった。

【0003】そこで、光ファイバにねじれを加えて、PMDが抑制された光ファイバを得る方法が提案されている。例えば、特開平8-295528号公報、米国特許第5,822,487号等では、揺動運動をする揺動ガイドローラ上で光ファイバを転動させてねじれを与える方法が開示されている。また、特開平9-2834号公報では、特定の形状を有するローラ上で光ファイバを転動させてねじれを与える方法が開示されている。さらに特表平10-507438号公報では、2つのローラ曲面の間で光ファイバを転動させる方法が報告されている。その他、米国特許第4,473,273号では光ファイバ母材を回転させ、ねじれを与える方法が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平8-295528号公報や米国特許第5,822,487号に開示の方法は、高速での紡糸には不向きであり、また、紡糸張力が小さい場合にはねじれ量が小さくなってしまうため、PMD抑制効果が少なくなってしまうという問題があった。また、特開平9-2834号公報に報告されている方法では、ねじれ量が少ないうえに、ローラの径やライン長に制限があった。さらに、特表平10-507438号公報に開示の方法では、2つのローラ曲面の光ファイバへの押し圧が変化することから、正確な紡糸張力を測定できないという問題があった。また、ねじれ量が光ファイバの長手方向で変化し、一定でないという問題もあった。さらに、米国特許第4,473,273号に開示の方法は、光ファイバ母材を回転させる方法であるため、外径変動や曲がりをする光ファイバ母材を使用した場合、光ファイバ外径制御性が低下したり、コーティング不良が発生する可能性があった。

【0005】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、PMDの抑制された低伝送損失な光ファイバを簡便な方法で製造でき、さらにPMD抑制の程度も容易に調整できる光ファイバの製造方法および製造装置を提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明にあっては、光ファイバ母材を溶融紡糸して光ファイバ裸線を得て、ついでこの光ファイバ裸線に樹脂を被覆して光ファイバ素線とし、引き続いてこの光ファイバ素線を、V字溝またはU字溝をローラ面上に有する回転ローラの該溝上を進行させながら、回転ローラをその回転軸に沿う方向に往復運動させて、光ファイバ素線を溝上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加えることを特徴とする光

ファイバの製造方法によって解決できる。請求項2の発明にあっては、光ファイバ母材を溶融紡糸して光ファイバ裸線を得る紡糸装置と、光ファイバ裸線に被覆を施し光ファイバ素線を得る被覆装置と、光ファイバ素線をローラ面上で転動させて光ファイバ素線にねじれを加える回転ローラを有する光ファイバ製造装置であって、回転ローラが、ローラ面上にV字溝またはU字溝を有し、さらにこの回転ローラをその回転軸に沿う方向に往復運動させる駆動部を具備してなることを特徴とする光ファイバ製造装置によって解決できる。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面を参照して詳しく説明する。図1は本発明の製造方法の一例を示す概略構成図である。まず、VAD法、OVD法、CVD法、MCVD法、PCVD法、ロッドインチューブ法等の公知の方法で得られた光ファイバ母材20を、紡糸炉1で加熱して溶融紡糸し、光ファイバ裸線21を得る。光ファイバ母材20を溶融紡糸する際の紡糸線速には特に制限はなく、100~1000m/min程度の広い範囲の紡糸線速で紡糸できる。ついで光ファイバ裸線21を冷却筒2で冷却した後、第1の樹脂被覆装置3に導く。第1の樹脂被覆装置3においては、1次被覆樹脂液がそのダイボットに供給されていて、光ファイバ裸線21上に1次被覆樹脂液が塗布される。1次被覆樹脂液は次の架橋筒4で紫外線照射、加熱等により硬化され、1次被覆層が形成される。1次被覆層が形成された光ファイバは、ついで第2の樹脂被覆装置5、架橋筒6へと順次導かれ、1次被覆層上に2次被覆層が形成された光ファイバ素線22となる。

【0008】得られた光ファイバ素線22は、ターンプリー7上を進行して方向を変えられ、引き取り機8、ダンサー9を順次通過後、巻き取り機10で巻き取られる。ターンプリー7にはテンションピックアップが接続されていて、紡糸張力を測定できるようになっている。

【0009】ここでターンプリー7として、図2および図3に示したような断面が略V字状であるV字溝12、または断面が略U字状であるU字溝13をローラ面上に有する回転ローラ11を使用する。回転ローラ11は回転軸11aを有し、回転軸11aを中心として回転できるようになっている。そして、図4および図5に示すように、この回転ローラ11の溝12、13の上に光ファイバ素線22を接触させ、この溝12、13上を進行させながら、回転ローラ11をその回転軸11aに沿う方向、すなわちA方向およびB方向に図示略の駆動装置によって往復運動させる。

【0010】このように回転ローラ11を往復運動させると、光ファイバ素線22は、V字溝12またはU字溝13上を進行方向に進行しながら、周方向に右回りおよび左回りのトルクを加えられて溝12、13の上を交互

に転動する。その結果光ファイバ素線22には、その周方向に右回りおよび左回りのねじれが加えられる。ここで光ファイバ素線22に加えられたねじれは、紡糸炉1内で溶融紡糸されている光ファイバ裸線21にまでさかのぼって伝搬し、光ファイバ裸線21にねじれが加えられる。光ファイバ裸線21はねじれが加えられた状態で冷却筒2へと導かれ、冷却される。このようにして冷却筒2を通過した光ファイバ裸線21は、その周方向に、右回りおよび左回りのねじれを有するものとなり、ついで樹脂被覆装置3、5、架橋筒4、6を順次通過する。

【0011】回転ローラ11のV字溝12およびU字溝13の深さ $D_1$ 、 $D_2$ や、幅 $W_1$ 、 $W_2$ は特に制限はなく、光ファイバに要求されるPMDの程度に応じて適宜設定される。例えば光ファイバ裸線21の外径が $125\mu\text{m}$ 、コート径が $250\mu\text{m}$ の光ファイバ素線22を転動させる場合には、通常、V字溝12の深さ $D_1$ およびU字溝13の深さ $D_2$ は1～20mm、V字溝12の幅 $W_1$ およびU字溝13の幅 $W_2$ は5～40mmの範囲で設定される。また、回転ローラ11の直径 $R_1$ および $R_2$ は特に制限なく任意の大きさとすることができる。

【0012】さらに、ここでの往復運動は、単位時間あたり任意の回数で行うことができ、また、回転ローラ11のA方向、B方向への各移動幅も任意に設定することができる。これらの条件は、紡糸線速、紡糸張力、光ファイバに要求されるPMDの程度、光ファイバの種類等に応じて設定される。往復回数は通常50～500回/min、移動幅は通常2～30mmの範囲で設定される。なお、ここで往復回数は、回転ローラ11を一方方向に動かして元の位置に戻し、ついで反対方向に動かして元の位置に戻す操作を1回と数える。

【0013】このようにV字溝12、U字溝13の大きさや、往復運動の条件を適宜設定することによって、光ファイバ素線22へ付与するねじれ量を調節することができるため、PMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御できる。また、回転ローラ11を往復運動させる簡単な操作でねじれを付与できるので、600～1000m/min程度の高速での溶融紡糸にも対応でき、幅広い紡糸線速において有効である。

【0014】ターンプリー7として使用される回転ローラ11の材質には特に制限はないが、回転ローラ11のV字溝12またはU字溝13上で光ファイバ素線22が摺動することなく、スムーズに転動することが重要である。

【0015】このような光ファイバの製造方法は、V字溝12またはU字溝13を有する回転ローラ11を使用し、この回転ローラ11を往復運動させて光ファイバ素線22にトルクを加え、ねじれを与えることを特徴とするので、簡便な方法で光ファイバ素線22の周方向にねじれを与えることができ、PMDの抑制された低伝送損失な光ファイバを容易に得ることができる。この際、回

転ローラ11の直径や、V字溝12またはU字溝13の幅や深さ等を任意の大きさにでき、回転ローラ11を往復運動させる回数や速度、回転ローラ11の移動幅等も任意に設定できるため、PMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御することができる。さらに、回転ローラ11を往復運動させる簡単な操作によるので、高速での溶融紡糸にも対応でき、幅広い紡糸線速において有効である。また、紡糸張力に応じて、溝12、13の種類や大きさを任意に設定することによって、紡糸張力が小さい場合にも光ファイバ素線22に効率的にねじれを加えられる。また、光ファイバ素線22を回転ローラ11の溝12、13上で転動させる簡単な方法によるので、回転ローラ11をターンプリー7として使用して同時に紡糸張力を測定する場合においても、正しい紡糸張力を測定できるとともに、使用する光ファイバ母材20の形状や寸法も任意のものを使用できる。

【0016】また、このような特定の溝12、13を有する回転ローラ11が設けられ、回転ローラ11には回転ローラを往復運動させる駆動部を有する光ファイバ製造装置は、従来の紡糸機に回転ローラ11を取り付けることによって簡単に得られるため低コストであり、必要に応じて容易に回転ローラ11を取り付けたり、取り外したりできる。なお、以上の説明においては、回転ローラ11をターンプリー7として使用する場合について説明したが、上述のような特定の溝12、13を有する回転ローラ11を使用して、光ファイバ素線22にねじれを与える限りにおいては、ターンプリー7としての使用に限定されず、ターンプリー7とは別に回転ローラ11を設けてもよい。

【0017】

【実施例】以下、本発明を実施例をあげて具体的に説明する。

#### 実施例1

波長多重伝送用光ファイバ母材(ITU-T G655準拠、以下WDM母材という)を、図1に示す方法で溶融紡糸、被覆を行い、光ファイバ裸線外径 $125\mu\text{m}$ 、コート径 $250\mu\text{m}$ の光ファイバ素線22を製造した。被覆材としては、1次被覆層、2次被覆層ともにウレタン-アクリレート系紫外線硬化型樹脂を使用した。紡糸線速は300m/minとした。ターンプリー7としては、図2に示すようなローラ面にV字溝12を有し、表面にアルマイト処理を施したアルミ製の回転ローラ11を使用し、光ファイバ素線22にねじれを加えた。なおV字溝12は深さ $D_1 = 3\text{mm}$ 、幅 $W_1 = 6\text{mm}$ で、ローラの直径 $R_1 = 150\text{mm}$ であった。また、往復回数は300回/min、回転ローラ11の一方方向への移動幅は4mmとした。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を、固定アナライザー法で行った。測定は試料長10kmのものについて10本測定した。その結果を図6に示す。

## 【0018】実施例2

ターンプリー7として、図3に示すようなローラ面にU字溝13を有し、表面にアルマイト処理を施したアルミ製の回転ローラ11を使用した以外は、実施例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。なおU字溝13は深さ $D_2 = 10\text{ mm}$ 、幅 $W_2 = 6\text{ mm}$ で、ローラの直径 $R_2 = 150\text{ mm}$ であった。また、往復回数は300回/min、回転ローラ11の一方向への移動幅は4mmとした。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図6に示す。

## 【0019】比較例1

ターンプリー7として、ローラ面に平溝を有し、表面にアルマイト処理を施したアルミ製の回転ローラを使用し、回転ローラを揺動運動させず、光ファイバ素線にねじれを加えないようにした以外は、実施例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。なお、平溝は深さ $D_3 = 5\text{ mm}$ 、幅 $W_3 = 8\text{ mm}$ で、ローラの直径 $R_3 = 150\text{ mm}$ であった。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図6に示す。

## 【0020】実施例3

光ファイバ母材20として分散補償光ファイバ母材（以下DCF母材という）を使用し、往復回数を200回/minとした以外は実施例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図7に示す。

## 【0021】実施例4

光ファイバ母材20としてDCF母材を使用し、往復回数を200回/minとした以外は実施例2と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図7に示す。

## 【0022】比較例2

光ファイバ母材20としてDCF母材を使用した以外は比較例1と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図7に示す。

【0023】図6および図7のグラフに示したように、V字溝12またはU字溝13を有する特定の回転ローラ11を使用してねじれを加えた本実施例の光ファイバ素線22では、PMDが抑制されていた。一方、ねじれが加えられなかった比較例の光ファイバ素線22では、PMDが抑制されていなかった。

## 【0024】実施例5

往復回数を50～500回/minの範囲で変化させた以外は実施例2と同様にして溶融紡糸、被覆を行った。それぞれの往復回数で得られた光ファイバ素線22のPMD測定を実施例1と同様にして行った。その結果を図8に示す。

【0025】U字溝12を有する特定の回転ローラ11を使用して、回転ローラ11の往復回数を変化させることによって、図8のグラフに示したようにPMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御することができた。このように、本実施例の光ファイバ素線22の製造方法は、幅広い紡糸線速に対応でき、かつ任意にPMDの抑制の程度を制御できた。

## 【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光ファイバの製造方法は、V字溝またはU字溝を有する回転ローラを使用し、この回転ローラを往復運動させて光ファイバ素線にねじれを与えることを特徴とするので、簡便な方法で光ファイバ素線の周方向にねじれを与えることができ、PMDの抑制された低伝送損失な光ファイバを容易に得ることができる。この際、回転ローラの直径や、V字溝またはU字溝の大きさ等を任意の大きさにでき、回転ローラを往復運動させる回数や速度、回転ローラの移動幅も任意に設定できるため、PMDの抑制の程度を必要に応じて任意に制御することができ、さらに、回転ローラを往復運動させる簡単な操作によるので、高速での溶融紡糸にも対応でき、幅広い紡糸線速において有効である。また、紡糸張力に応じて、溝の種類や大きさを任意に設定することによって、紡糸張力が小さい場合にも光ファイバ素線に効率的にねじれを加えられる。また、光ファイバ素線を回転ローラの溝上で転動させる簡単な方法および装置によるので、回転ローラをターンプリーとして使用して同時に紡糸張力を測定する場合においても、正しい紡糸張力を測定することができるとともに、使用する光ファイバ母材の形状や寸法も任意のものを使用できる。また、このような特定の溝を有する回転ローラが設けられ、回転ローラには回転ローラを往復運動させる駆動部を有する本発明の光ファイバ製造装置は、従来の紡糸機に回転ローラを取り付けることによって簡単に得られるため低コストであり、必要に応じて容易に回転ローラを取り付けたり、取り外したりできる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光ファイバの製造方法の一例を示す概略構成図である。

【図2】 回転ローラの一形態を示す側面図である。

【図3】 回転ローラの他の一形態を示す側面図である。

【図4】 図2の回転ローラの往復運動を示す側面図である。

【図5】 図3の回転ローラの往復運動を示す側面図である。

【図6】 本発明の実施例で得られた光ファイバの偏波モード分散を示すグラフである。

【図7】 本発明の実施例で得られた光ファイバの偏波モード分散を示すグラフである。

【図8】 本発明の実施例で得られた光ファイバの偏波

モード分散を示すグラフである。

【符号の説明】

11…回転ローラ、11a…回転軸、12…V字溝、13…U字溝、20…光ファイバ母材、21…光ファイバ裸線、22…光ファイバ素線

【手続補正2】

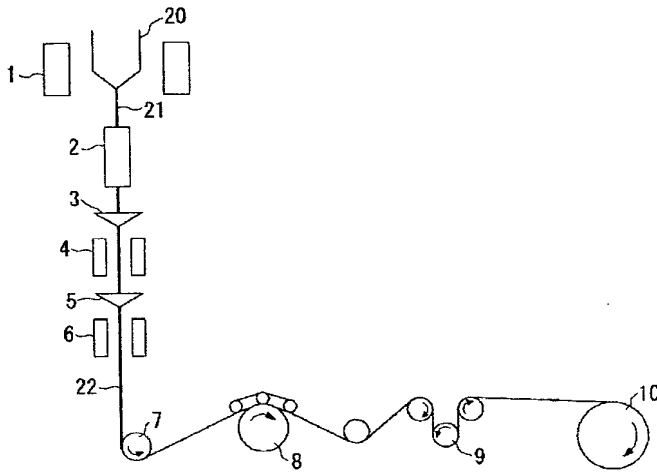
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

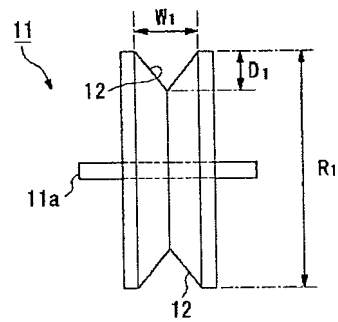
【補正方法】変更

【補正内容】

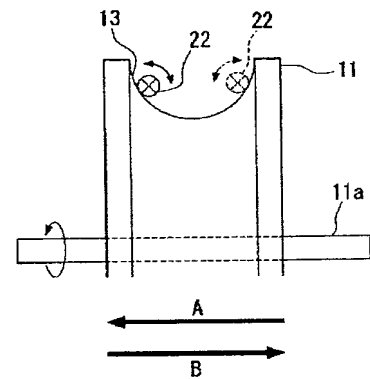
【図1】



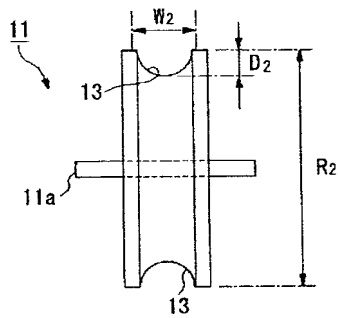
【図2】



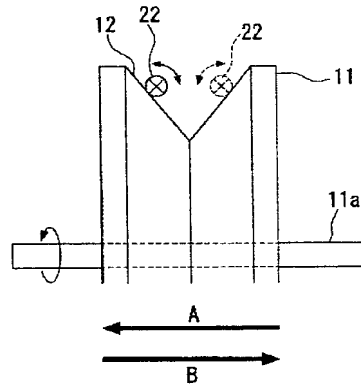
【図5】



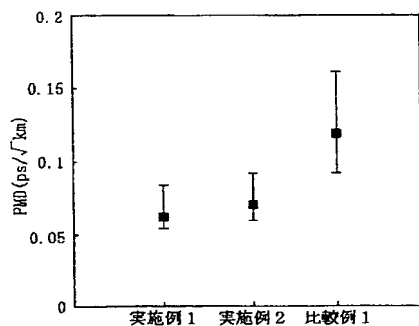
【図3】



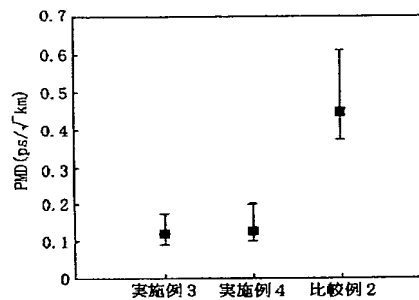
【図4】



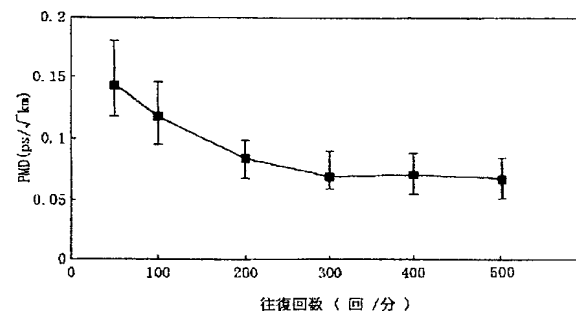
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 浩一  
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉事業所内

Fターム(参考) 2H050 BA02 BA13 BA14 BA21 BB07Q  
BB07S BB14Q BB14S BB17Q  
BB17S BC03  
4G060 AC01 AD41 AD58 CB09 CB22



2021  
10/10/21  
10/10/21

10/10/21



A DOCPHOENIX

☐ TRNA \_\_\_\_\_  
Transmittal New Application

☐ SPEC \_\_\_\_\_  
Specification

☐ CLM \_\_\_\_\_  
Claims

☐ ABST \_\_\_\_\_  
Abstract

☐ DRW \_\_\_\_\_  
Drawings

☐ OATH \_\_\_\_\_  
Oath or Declaration

☐ ADS \_\_\_\_\_  
Application Data Sheet

☐ A... \_\_\_\_\_  
Amendment Including Elections

☐ A.PE \_\_\_\_\_  
Preliminary Amendment

☐ REM \_\_\_\_\_  
Applicant Remarks in Amendment

☐ IDS \_\_\_\_\_  
IDS Including 1449

☐ 371P \_\_\_\_\_  
PCT Papers in a 371P Application

☒ FOR 8 \_\_\_\_\_  
Foreign Reference

☐ NPL \_\_\_\_\_  
Non-Patent Literature

☐ FRPR \_\_\_\_\_  
Foreign Priority Papers

☐ ARTIFACT \_\_\_\_\_  
Artifact

☐ LET. \_\_\_\_\_  
Misc. Incoming Letter

☐ IMIS \_\_\_\_\_  
Misc. Internal Document

☐ TRREISS \_\_\_\_\_  
Transmittal New Reissue Application

☐ PROTRANS \_\_\_\_\_  
Translation of Provisional in Nonprovisional

☐ BIB \_\_\_\_\_  
Bib Data Sheet

☐ WCLM \_\_\_\_\_  
Claim Worksheet

☐ WFEE \_\_\_\_\_  
Fee Worksheet

☐ APPENDIX \_\_\_\_\_  
Appendix

☐ COMPUTER \_\_\_\_\_  
Computer Program Listing

☐ SPEC NO \_\_\_\_\_  
Specification Not in English

☐ N417 \_\_\_\_\_  
Copy of EFS Receipt Acknowledgement

☐ CRFL \_\_\_\_\_  
Computer Readable Form Transfer Request Filed

☐ CRFS \_\_\_\_\_  
Computer Readable Form Statement

☐ SEQLIST \_\_\_\_\_  
Sequence Listing

☐ SIR. \_\_\_\_\_  
SIR Request

☐ AF/D \_\_\_\_\_  
Affidavit or Exhibit Received

☐ DIST \_\_\_\_\_  
Terminal Disclaimer Filed

☐ PET. \_\_\_\_\_  
Petition

☐ END JOB

☒ DUPLEX





Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000344539  
PUBLICATION DATE : 12-12-00

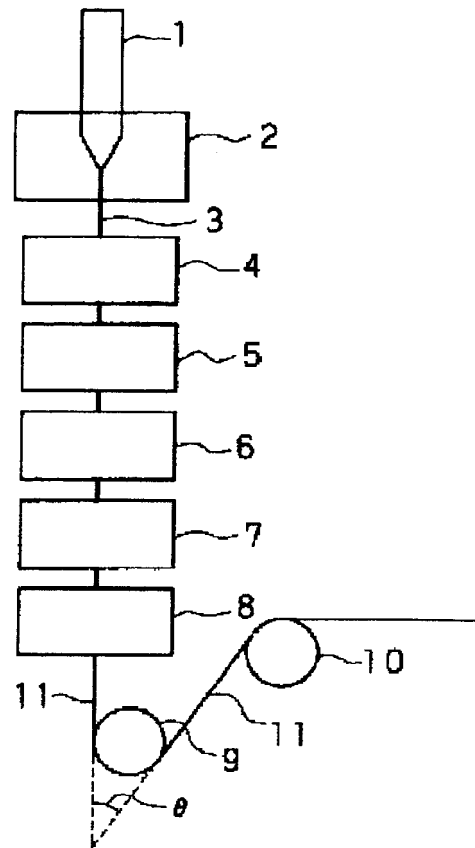
APPLICATION DATE : 01-06-99  
APPLICATION NUMBER : 11154340

APPLICANT : FUJIKURA LTD;

INVENTOR : TAKAHASHI KOICHI;

INT.CL. : C03B 37/027 G02B 6/00

TITLE : PRODUCTION OF OPTICAL FIBER  
AND APPARATUS FOR PRODUCTION  
THEREOF



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to produce an optical fiber which is small in PMD by giving rise to kink on the optical fiber while suppressing the movement of the optical fiber and preventing the change in the diameter of the optical fiber.

SOLUTION: An optical fiber preform 1 is drawn to form the optical fiber 3 and a coating layer is formed around the optical fiber 3 to form an optical fiber 11. This optical fiber 11 is brought into contact with the peripheral surface of a turn pulley 9, by which a progression direction is changed. The turn pulley 9 is moved back and forth in the axial direction of rotation, by which the optical fiber 11 is rolled on the peripheral surface of the turn pulley 9 to give rise to the kink in the optical fiber 3.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

